

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-219710

(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.Cl.

H01M 4/86

H01M 4/88

H01M 8/02

H01M 8/12

(21)Application number : 10-035502

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 02.02.1998

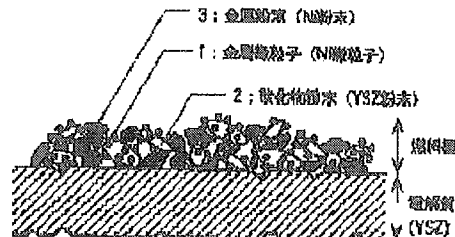
(72)Inventor : KATO NAOKI
MATSUSHIMA TOSHIO
OORUI HIMEKO
ARAKAWA MASAYASU

(54) ELECTRODE OF SOLID ELECTROLYTE FUEL CELL AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrode by using a fuel electrode powder having a large quantity of three-phase interfaces and high electron conductivity, and containing an electrode active metal hard to be sintered and to provide a method for manufacturing the electrode.

SOLUTION: The oxide powder 2 bears a fine particle of a metal with smaller particle diameter than that of the oxide powder 2 or a fine particle 1 of the oxide of this metal on the surface. This electrode has structure produced by mixing the oxide powder bearing a fine particle of the metal or a fine particle 1 of the oxide of this metal on the surface with a metal powder or an oxide powder 3 of the metal having approximately same particle diameter as that of the oxide powder 2 and dispersing the mixture. Consequently, the metal fine particle is highly dispersed on the surface of the oxide powder 2 and the three-phase interface surface area is significantly increased and voltage decrease following the electrode reaction is suppressed and an electrode having excellent output properties can be provided. Moreover, since the metal fine particle is held in the oxide powder 2, respective metal particles are hardly sintered with one another and an electrode having excellent and durable stability and scarcely deteriorated with the lapse of time can be obtained. Further, due to the existence of the metal powder which the oxide powder 2 does not hold, high electron conductivity is provided.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-219710

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	P I
H 0 1 M	4/86	H 0 1 M 4/86 T
	4/88	4/88 T
	8/02	8/02 E
	8/12	8/12

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平10-35502	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22) 出願日	平成10年(1998) 2月2日	(72) 発明者	加藤 直樹 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72) 発明者	松島 敏雄 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72) 発明者	大熊 延子 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 雨宮 正孝

最終頁に続く

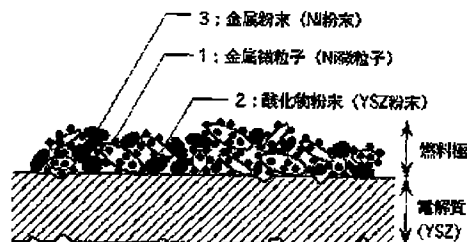
(54) 【発明の名称】 固体電解質型燃料電池の電極およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 このような高価な貴金属を用いることなく、三相界面が多く、電子伝導性にも優れ、かつ高極活性な金属の焼結も起こりにくい燃料電極粉末を使用した電極およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 酸化物粉末2はその表面に該酸化物粉末よりも粒径の小さい前記金属の微粒子または前記金属の酸化物の微粒子1を保持し、表面に前記金属の微粒子または前記金属の酸化物微粒子を保持した前記酸化物粉末と、該酸化物粉末と同程度の粒径を有する前記金属粉末または前記金属の酸化物粉末3とが、混合して分散した構造を有することを特徴とする。

【効果】 金属微粒子が酸化物粉末表面に高分散されるため、三相界面が非常に大きくなり、電極反応に伴う電圧降下が小さく出力特性に優れた電極が得られる。また、金属微粒子は酸化物粉末に保持されるため、金属粒子間の焼結が起こりにくくなり、長期安定性に優れた経時劣化の少ない電極が得られる。更に、酸化物粉末が保持しない金属粉末の存在により、高い電子伝導性が発現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素イオン導電性を有する酸化物粉末と、電極活性を有する金属または該金属の酸化物とから成る固体電解質型燃料電池の電極において、前記酸化物粉末は表面に該酸化物粉末よりも粒径の小さい前記金属の微粒子または前記金属の酸化物の微粒子を保持し、表面に前記金属微粒子または前記金属の酸化物微粒子を保持した前記酸化物粉末と、該酸化物粉末と同程度の粒径を有する前記金属粒子または前記金属の酸化物粒子とが、混合して分散した構造を有することを特徴とする固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項2】 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末の粒径が、0.2 μm から1 μm であることを特徴とする請求項1記載の固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項3】 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末の表面に保持された電極活性を有する金属微粒子または該金属の酸化物微粒子の粒径が、数nmから数十nmであることを特徴とする請求項1または2に記載の固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項4】 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末と同程度の粒径の電極活性を有する金属粉末または該金属の酸化物粉末の粒径が、0.1 μm から3 μm であることを特徴とする請求項1から3に記載の固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項5】 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末がイットリア安定化ジルコニアまたはサマリアドープセリアであることを特徴とする請求項1から4に記載の固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項6】 前記電極活性を有する金属がニッケルまたはコバルトであることを特徴とする請求項1から5に記載の固体電解質型燃料電池の電極。

【請求項7】 酸素イオン導電性を有する酸化物粉末をニッケルイオンまたはコバルトイオンを含む溶液中に浸す工程と、

該酸化物粉末を乾燥する工程と、

乾燥した該酸化物粉末を加熱処理によって該酸化物粉末表面にニッケルまたはコバルトを酸化物の状態で保持させる工程と、

以上の工程によって得られた表面にニッケル酸化物またはコバルト酸化物の微粒子を保持した酸素イオン導電性を有する酸化物粉末に、ニッケルまたはコバルトの酸化物粉末を混合して固体電解質型燃料電池の電極の原料粉末を作製する工程と、

前記原料粉末を成形する工程と、

成形した前記原料粉末を焼結する工程と、

から成ることを特徴とする固体電解質型燃料電池の電極の製造方法。

【請求項8】 前記原料粉末の全重量に占める酸素イオン導電性を有する酸化物粉末の重量が、40%から60%

%であることを特徴とする請求項7記載の固体電解質型燃料電池の電極の製造方法。

【請求項9】 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末がイットリア安定化ジルコニアまたはサマリアドープセリアであることを特徴とする請求項7または8に記載の固体電解質型燃料電池の電極の製造方法。

【請求項10】 前記加熱処理の温度が、ニッケルイオンまたはコバルトイオンを含む溶液中に浸すことで前記酸化物粉末の粒子表面に付着したニッケル化合物またはコバルト化合物が、熱分解によりニッケル酸化物またはコバルト酸化物になる温度以上の温度であることを特徴とする請求項7から9に記載の固体電解質型燃料電池の電極の製造方法。

【請求項11】 前記焼結の温度が、1200℃から1600℃の範囲であることを特徴とする請求項7から10に記載の固体電解質型燃料電池の電極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は固体電解質型燃料電池の電極およびその製造方法、さらに詳細には特に、固体電解質型燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell、以下SOFCと略す）の燃料極材料およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】SOFCは、酸化剤と燃料の2種類のガスを酸化剤電極と燃料電極に供給して発電を行う燃料電池のうち、構成材料のすべてに固体物質を用いるものの総称である。SOFCでは、以下のようなセラミックスが多用されており、通常、1000℃付近の温度で運転される。

【0003】

電解質：イットリア安定化ジルコニア（YSZ）

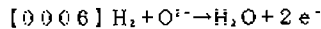
燃料電極：ニッケルジルコニアサーメット（Ni-YSZ）

酸化剤電極：ストロンチウムドープランタンマンガナイト（LSM）

【0004】ここで、燃料電極の金属としてNiが多用されるのは、NiがYSZに対する安定性に優れ、また燃料として石炭ガスを用いた場合の耐腐蝕性にも優れていることなどの理由による。なお、Ni以外の金属として、Coも使用することができる。このような材料構成よりなるSOFCの燃料電極を低コストで作製する手法として、通常、原料であるYSZ粉末やNi、O粉末をボールミル等で混合し、この混合粉末をペーストとして電解質に塗布して焼結するという手法が用いられている。

【0005】燃料電極は、燃料ガスと酸化剤とを反応させるための触媒としての役割を持ち、このとき電極反応場となるのは三相界面であるとされている。上記のNi-YSZ（燃料電極）/YSZ（電解質）材料系では、Ni、YSZ、および燃料ガスが全て接する部分が三相

界面に相当する。三相界面では次の電極反応によって電子が発生し、これがエネルギーとして利用される。



[0007] 従って、SOFCの出力特性の向上には、燃料電極の三相界面の増大による電子の発生量の増加と、発生した電子の外部回路への効率的な供給が必要である。そこで従来より、原料粉末であるNiO粉末やYSZ粉末の粒径や粒径比を調整することによってNi粒子やYSZ粒子を高分散させ、三相界面を増大させる検討や、NiO粉末とYSZ粉末の混合比の調整によって電極の電子伝導性を向上させる検討が行われている。

[0008]

【発明が解決しようとする課題】ところが、このようなNiO粉末やYSZ粉末の粒径や粒径比の最適化等によって、初期の発電特性には優れたセルが得られるものの、発電を長時間継続すると、焼結によって電極中のNi粒子の凝集が進行し、これが三相界面の減少と電子伝導性の低下につながり、出力特性が次第に低下していくという問題点がある。これは、電極材料にCoを用いた場合も同様である。

[0009] そこで、このような金属粒子の焼結の問題点を解決する方法として、触媒能がNiやCoと同等でかつ1000℃付近の温度での焼結が起こりにくい別種の金属の使用例がある。例えば、電極金属としてRuを用いたルテニウムジルコニアセーメット(Ru-YSZ)では、焼結による経時劣化の少ない電極が得られている。このようにRuは触媒能が優れ、かつ1000℃付近の温度でも焼結が起こりにくいが、高価である。従って、従来のように粉末を混合する手法によって粉末材料を調製するとRuの使用量が多く、電極材料のコストが増大し、実用性に乏しいという問題点がある。

[0010] 本発明は、このような高価な貴金属を用いることなく、三相界面が多く、電子伝導性にも優れ、かつ電極活性な金属の焼結も起こりにくい燃料電極粉末を使用した電極およびその製造方法を提供し、従来の燃料電極における問題点の解決を図ったものである。

[0011]

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明による固体電解質型燃料電池の電極は、酸素イオン導電性を有する酸化物粉末と、電極活性を有する金属または該金属の酸化物とから成る固体電解質型燃料電池の電極において、前記酸化物粉末はその表面に該酸化物粉末よりも粒径の小さい前記金属の微粒子または前記金属の酸化物の微粒子を保持し、表面に前記金属の微粒子または前記金属の酸化物微粒子を保持した前記酸化物粉末と、該酸化物粉末と同程度の粒径を有する前記金属粉末または前記金属の酸化物粉末とが、混合して分散した構造を有することを特徴とする。

[0012] また、本発明による固体電解質型燃料電池の電極の製造方法によれば、酸素イオン導電性を有する

酸化物粉末をニッケルイオンまたはコバルトイオンを含む溶液中に浸す工程と、該酸化物粉末を乾燥する工程と、乾燥した該酸化物粉末を加熱処理によって該酸化物粉末の粒子表面にニッケルまたはコバルトを酸化物の状態で保持させる工程と、以上の工程によって得られた表面にニッケル酸化物またはコバルト酸化物の微粒子を保持した酸素イオン導電性を有する酸化物粉末に、ニッケルまたはコバルトの酸化物粉末を混合して固体電解質型燃料電池の電極の原料粉末を作製する工程と、前記原料粉末を成形する工程と、成形した前記原料粉末を焼結する工程と、から成ることを特徴とする。

[0013]

【作用】本発明の製造方法による燃料電極原料粉末を適用した固体電解質型燃料電池の電極構造にあっては、以下の作用を有する

[0014] 本発明による固体電解質型燃料電池の電極は、図1に示すように酸素イオン導電性を有する酸化物粉末2と、電極活性を有する金属または前記金属の酸化物とから基本的に構成されている。そして、該金属または前記金属の酸化物は該酸化物粉末2の表面に保持されている金属微粒子（または該金属の酸化物微粒子）1と、該酸化物粉末2に保持されていない金属粉末（または該金属の酸化物粉末）3を有している。そして金属粉末（または該金属の酸化物粉末）3は酸化物粉末2とはほぼ同程度の粒径を有しており、前記金属微粒子（または該金属の酸化物微粒子）1よりも大きな粒径である。

[0015] 図1を参照して、本発明の固体電解質型燃料電池の電極構造の具体例を、Ni-YSZ（燃料電極）/YSZ（電解質）材料系について模式的に示す。ここに記載した実施の態様においては、この電極は、Ni微粒子（金属微粒子）1を保持したYSZ粉末（酸化物粉末）2と、Ni粉末（金属粉末）3が混在した構造をとる。

[0016] 周知のように、燃料電池運転時には燃料電極は水素で還元される。そのため、運転前はNiO微粒子を保持したYSZ粉末とNiO粉末が混在した構造であるが、運転することによってNiO微粒子とNiO粉末が、それぞれNi微粒子とNi粉末に変化する。

[0017] YSZ粉末2上に保持されたNi微粒子1は、数nm～数十nmのオーダーの粒径でYSZ粉末の表面に高分散しているため、非常に大きな三相界面を得ることができる。また、Ni微粒子1はYSZ粉末2に束縛されるため、Ni微粒子1同士の焼結が起こりにくくなり、長期安定性に優れた電極となる。更に、電極中にはYSZ粉末2に保持されたNi微粒子1と同様のNi粉末3が存在するため、三相界面で発生した電子を接点電位差が発現することなく捕集することができ、電子伝導性にも優れた電極となる。

[0018] 前記酸素イオン導電性を有する酸化物粉末の粒径は、好ましくは0.2～1μmである。後述の実

施例より明らかなようにこの範囲を逸脱すると、三相界面が多く、電子伝導性にも優れ、かつ電極活性な金属の焼結も起こりにくい電極材料とならない恐れがある。このようなイオン導電性を有する酸化物粉末としては、上述のYSZの他サマリアドープセリアなどを有効に使用することができる。

【0019】前述のように該酸素イオン導電性を有する酸化物粉末に保持された金属微粒子または金属の酸化物微粒子としては、ニッケルのほかコバルトも使用することができる。このような金属微粒子または金属の酸化物微粒子の粒径は、前述のように数nm～数十nmのオーダーである。

【0020】また、前記酸化物粉末に混合される金属粉末または金属の酸化物粉末の粒径は、0.1～3μmであるのが好ましい。後述の実施例より明らかなようにこの範囲を逸脱すると、三相界面が多く、電子伝導性にも優れ、かつ電極活性な金属の焼結も起こりにくい電極材料とならない恐れがある。

【0021】本発明による固体電解質型燃料電池の電極の製造方法によれば、まず酸素イオン導電性を有する酸化物粉末をニッケルイオンまたはコバルトイオンを含む溶液中に浸したのち、該酸化物粉末を乾燥し、乾燥した該酸化物粉末を加熱処理によって該酸化物粉末表面にニッケルまたはコバルトを酸化物の状態で保持させる。このように酸化物粉末表面に付着したニッケルまたはコバルト化合物を加熱して熱分解させることにより、該酸化物粉末表面にニッケルまたはコバルト酸化物を形成させる。このときの加熱温度は前記ニッケルまたはコバルト化合物が熱分解してニッケルまたはコバルト酸化物になる温度以上である。

【0022】次いで、以上の工程によって得られた表面にニッケル酸化物またはコバルト酸化物微粒子を保持した酸素イオン導電性を有する酸化物粉末に、ニッケルまたはコバルトの酸化物粉末を混合して固体電解質型燃料電池の電極の原料粉末を作製し、前記原料粉末を成形し、成形した前記原料粉末を焼結する。前記原料粉末の全重量に占める酸素イオン導電性を有する酸化物粉末の重量は、40%から60%であるのが好ましい。後述の実施例より明らかなようにこの範囲を逸脱すると、三相界面が多く、電子伝導性にも優れ、かつ電極活性な金属の焼結も起こりにくい電極材料とならない恐れがあるからである。また、焼成温度は、1200℃から1600℃の範囲の温度で行うことが可能である。

【0023】

【実施例】本実施例では、Ni-YSZ材料系を用いた燃料電池によるセル発電試験結果を例に説明する。原料粉末の調製は、まず平均粒径が0.4μmの8mol%安定化ジルコニア粉末（以下、「8YSZ粉末」と記す）を飽和硝酸ニッケル水溶液に室温で1時間浸した。次にこれをろ過し、ろ紙に残った8YSZ粉末を乾燥

させた。乾燥後の8YSZ粉末は緑色を呈しており、硝酸ニッケルが8YSZ粉末の表面を覆っていることを確認した。

【0024】次に、この硝酸ニッケルが吸着している8YSZ粉末を、450℃で2時間保ち、硝酸ニッケルを熱分解した。熱分解によって硝酸ニッケルは全てNiOとなっていることをX線回折分析により確認した。また、8YSZ粉末の表面をEDSで元素分析した結果、Ni元素が8YSZ粉末の表面に高密度で分散していることを確認した。ここで、電極の作製行程とは別に、8YSZ粉末が保持しているNiOの量をICP分析により求めたところ、15wt%であった。燃料電池運転時には燃料電極は水素で還元されるため、NiO粒子は還元されてNi粒子になる。そこで、8YSZ粉末が保持しているNiOに対して還元処理を行った後の状態をTEM観察したところ、8YSZ粉末が保持しているNi粒子の粒径は数nm～数十nmの大きさであった（図2）。

【0025】次に、このNiOを保持している8YSZ粉末に、更に平均粒径が2μmのNiO粉末を混合した。混合する割合は、全NiOの重量（8YSZ粉末に保持されているNiOとNiO粉末の総重量）とYSZ粉末の重量比が、50:50wt%となるようにした。粉末混合の手法は、ポリ容器に、NiOを保持した8YSZ粉末、NiO粉末、エタノール、およびジルコニアボールを入れ、ボールミルにより24時間回転させた。ボールミル終了後、混合粉末を乾燥させ、これに結着剤としてポリビニルブチラール、溶剤としてテレヒネオールを加え、スラリーとした。

【0026】このスラリーを、固体電解質となる円板状の8YSZ基板（直径3.5cm、厚さ0.5mm）の片面に、厚さが0.1mmで正方形（1.5cm×1.5cm）となるように塗布した。8YSZ基板のもう一方の面には、平均粒径が0.2μmのストロンチウムドープランタンマンガンナイト粉末に、ポリビニルブチラールとテレヒネオールを加えてスラリーとしたものを、厚さが0.1mmで正方形（2cm×2cm）となるように塗布し酸化剤電極とした。このようにして、両面にスラリーを塗布した8YSZ基板を1250℃で2時間焼成処理を行うことによって燃料電極および酸化剤電極を焼結させ、発電試験用のセルとした。この焼結のための焼成温度は、1200℃から1600℃の範囲の温度で行うことが可能である。

【0027】また、比較試料として、8YSZ粉末（平均粒径0.4μm）とNiO粉末（平均粒径2μm）を50:50wt%の割合でボールミル混合した従来法による原料粉末も調製し、これを用いた燃料電極も作製した。従来法における8YSZ基板への電極形成条件は、8YSZ粉末にNiOを保持させた本発明法による試料を用いた場合と同一である。

【0028】次に、本発明法（実施例）および従来法による燃料電極（比較例）を用いたセルで発電試験を行った。試験セルをアルミナ管で挟み、酸化剤電極には酸化剤として空気を、燃料電極には燃料ガスとして水素を供給した。酸化剤電極の集電体にはPtメッシュ、燃料電極の集電体にはNiメッシュを使用した。試験温度は1000℃とした。図3に、各セルの1000時間連続発電試験における電池電圧の経時変化を示す。ここで、電流値は0.3A/cm²と一定にした。図中、Aは本発明の実施例による燃料電極、Bは比較例による燃料電極の経時変化を示す。

【0029】従来法による燃料電極を用いた場合の発電初期電圧は0.74Vであり、時間とともに電圧の低下が観察され、1000時間経過後の電圧は0.37Vにまで低下した。一方、本発明法による燃料電極を用いた場合では、発電初期電圧は0.87Vであり、1000時間経過後も0.82Vと初期の性能をほぼ維持していた。

【0030】本発明法および従来法によるそれぞれの燃料電極を用いたセルについて、発電試験を1時間で終了させたものも作製し、この発電試験1時間後のセルの燃料電極と、発電試験1000時間後のセルの燃料電極の断面SEM像を比較した。その結果、従来法によるものでは、発電試験1000時間後の燃料電極は発電試験1時間後の燃料電極に比べて、Ni粒子間の焼結によるNi粒子の粗大化が観察されたのに対し、本発明の製造方法を用いた燃料電極においては、発電試験1000時間後においても発電試験1時間後の燃料電極の状態がほぼそのまま保たれていた。このように、本発明の製造方法を用いた燃料電極ではNi粒子の焼結抑制効果があり、従来法と比べ燃料電極の寿命特性を改善することができる。

【0031】また、電極の電子伝導性を評価する目的で、本発明法および従来法による製造方法で作製した燃料電極原料粉末のそれぞれを用いて成形焼結体を作製し、この焼結体の導電率を測定した。試料とした焼結体の作製は、まず各原料粉末のそれぞれ4gを、φ2.5mmの円板状となるように2t/cm²の圧縮強度でプレス成形し、次にこのプレス成形体を1250℃で焼成処理した。焼結後の試料から幅3mm、長さ約15mmの導電率測定用の試料を切りだし、1000℃の水素還元雰囲気下で直流四端子法により導電率を測定した。

【0032】図4に、本発明法および従来法による原料粉末を用いた成形焼結体の導電率の経時変化を示し

た。図中、Aは本発明による実施例、Bは比較例の導電率の経時変化である。このような特性からも、本発明による製造方法を用いた燃料電極では、導電率の経時的な低下が小さく、Ni粒子間の焼結が抑制されていることがわかる。また導電率の値についても、本発明によるものでは従来法によるものに比べ2倍以上も大きく、高い電子伝導性を示すことから、三相界面で発生する電子を効率良く捕集することができる。

【0033】本実施例では酸素イオン導電性を有する酸化物YSZの、粉末の平均粒径が0.4μmの場合を示したが、粒径が0.2μmから1μmの範囲において、同様の良好な結果が得られた。また、NiO粉末については平均粒径が2μmの場合を示したが、粒径が0.1μmから3μmの範囲において、同様の良好な結果が得られた。さらに、本実施例では全NiOの重量（YSZ粉末に保持されているNiOとNiO粉末の総重量）とYSZ粉末の重量比が50:50wt%の場合を示したが、両者を合計した全重量に対するYSZの重量比が40wt%から60wt%の範囲の混合比で、同様の良好な結果が得られた。

【0034】

【発明の効果】本発明の電極構造では、次の効果を奏する。まず、金属微粒子が酸化物粉末表面に高分散されるため、三相界面が非常に大きくなり、電極反応に伴う電圧降下が小さく出力特性に優れた電極が得られる。また、金属微粒子は酸化物粉末に保持されるため、金属粒子間の焼結が起りにくくなり、長期安定性に優れた経時劣化の少ない電極が得られる。更に、酸化物粉末が保持しない金属粉末の存在により、高い電子伝導性が発現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の製造方法による原料粉末を用いた燃料電極の模式図である。

【図2】本発明の製造方法で作製したNi微粒子を保持したYSZ粉末のTEM像写真である。

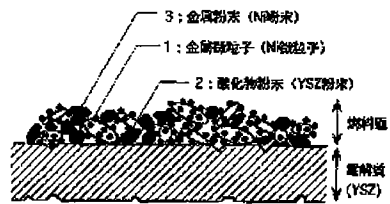
【図3】本発明の製造方法による原料粉末で作製した燃料電極を用いたセルの、発電試験における電圧の経時変化を示す図である。

【図4】本発明の製造方法による原料粉末で作製した燃料電極の導電率の経時変化を示す図である。

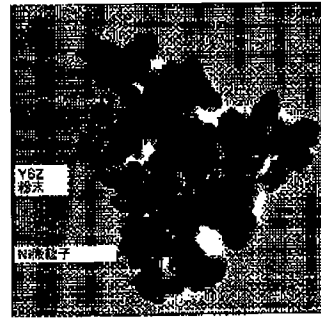
【符号の説明】

- | | |
|---|---------|
| 1 | 金属微粒子 |
| 2 | 酸化物粉末 |
| 3 | 金属酸化物粉末 |

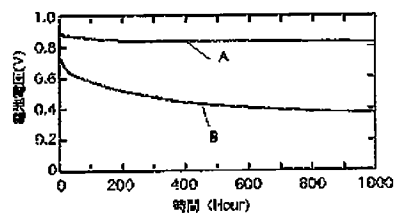
【図1】



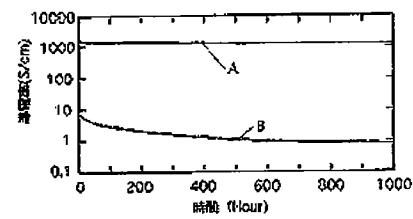
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 荒川 正泰
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内